



TITLE:

Research on Human-Machine Interfaces of
Vigilance Estimation and Robot Control
based on Biomedical Signals(Abstract_要旨
)

AUTHOR(S):

Ma, Jiaxin

CITATION:

Ma, Jiaxin. Research on Human-Machine Interfaces of Vigilance Estimation and Robot Control based on Biomedical Signals. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18944>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2018-07-12に公開

京都大学	博士（ 工学 ）	氏名	馬 家昕
論文題目	Research on Human-Machine Interfaces of Vigilance Estimation and Robot Control based on Biomedical Signals（生体信号に基づく覚醒度推定とロボット制御のヒューマン・マシン・インターフェイスに関する研究）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>Biomedical signals, for example, blood pressure, heart rate, etc., are generated from our bodies. These signals show information about our health states, physical or mental activities. This thesis focuses on three kinds of biomedical signals: electrooculogram (EOG), electroencephalogram (EEG), and electromyogram (EMG), which are the electric signals generated from the eyes, the brain, and the muscles, respectively. Based on these biomedical signals, in this thesis it implements human-machine interfaces (HMI) of different functions, establishing multiple kinds of connections between human beings and machines. The contents of this thesis are mainly about three proposed human-machine interfaces: an EOG-based interface for vigilance estimation, an EOG/EEG hybrid interface for robot control, and an EMG-based interface for prosthesis control. These HMIs extract useful information from biomedical signals (EOG, EEG, and EMG), by which they can monitor the body states, or control the external devices.</p> <p>In Chapter 1, the background of the research is introduced, which includes examples of traditional human-machine interface, the definitions and functions of EOG, EEG, and EMG, and the existing techniques of using these biomedical signals in human-machine interfaces.</p> <p>In Chapter 2, an EOG-based interface for vigilance estimation is proposed. Vigilance is an index to measure the degree of concentration; it can be affected by monotonous task, fatigue, or sleepiness. This study obtains a reference of vigilance from an experiment of long-time monotonous task. From recorded EOG signals, about 20 EOG features related to slow eye movement, saccade, blink, and energy are extracted, and the correlation between the EOG features and the vigilance reference is examined. The results indicate that some EOG features are highly related to vigilance and thus are possible to be used for vigilance estimation. In addition, the placement of EOG electrodes is discussed for realizing an easy wearing device.</p> <p>In Chapter 3, an EOG/EEG hybrid interface for robot control is proposed. Two kinds of robots were used in this study. One is the humanoid robot NAO, the other is the mobile robot Kobuki. The HMI is designed to control those robots for different tasks. There are two ways of control: by EOG and by EEG. In EOG mode, the subject can use eye movements such as blink, wink, gaze, and frown to control the basic mobility of the robots. In EEG mode, the subject can send commands to the robot by focusing on the menu items, where the flashing items evoke potentials in EEG.</p> <p>In Chapter 4, an EMG interface for prosthesis control is proposed. This HMI allows the user to control prosthesis to perform four kinds of movements: open, close, pronate, and supinate. The</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	馬 家昕
<p>input EMG signals are measured from the forearm, and processed by the nonnegative matrix factorization (NMF) algorithm. Through a training process, the NMF algorithm is able to map the multi-channel EMG signal into the four kinds of hand/wrist movements. By this approach, proportional control of multiple degrees of freedom (DOF) can be realized. This means the output contains not only simple states of open, close, pronate, and supinate but also all the transition states between “open and close” and “pronate and supinate”, as well as some combination states like “open and pronate” and “close and supinate”.</p> <p>Finally, Chapter 5 is about the conclusion and the future works.</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、眼電、脳波、筋電の三種類の生体信号を用いて、覚醒度推定とロボット制御におけるヒューマン・マシン・インターフェイスの実現を目標に研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1) 眼電に基づく人の覚醒度を推定するインターフェイスを提案している。眼電信号から、眼球・まぶたの運動に関する特徴量を20種類抽出し、実験から得られる人の覚醒度との相関性を解析している。さらに、相関性が高い特徴量を複数個選出・融合し、覚醒度推定への効果を定量的に示している。また、使用者がデバイスを容易に装着するために、眼電電極を目の周りから前額部に移動する妥当性を実験により検証している。

2) 眼電と脳波に基づくハイブリッド・インターフェイスを提案している。眼電からブリンク、ウィंकなど目の動きを認識する手法と、脳波から人が注意している目標物を判断する手法を統合し、眼電と脳波を自由に切り換えるインターフェイスを実現している。さらに、ヒューマンノイドロボットのリアルタイム制御実験と複数の移動ロボットのリアルタイム制御実験を行い、提案したインターフェイスの有効性を検証している。

3) 前腕部からの筋電信号を解析し、バーチャル義手の動きを制御するインターフェイスを提案している。筋肉のシナジーを計算し、そのシナジーの起動レベルにより、義手の開き、閉じ、回内、回外の四つの動きとそれらを組み合わせた連続的な動きを実現している。また、提案した制御手法が、ローパスフィルタを用いた手法より安定な出力を実現することを実験的に示している。

以上のように本論文は、生体信号に基づいた斬新性、有用性を持つヒューマン・マシン・インターフェイスに関して論じたものであり、学術上、実用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。